多功能自動化蔬菜種苗載具之研究

侯宣佑[1], 王薪穰[2], 謝廣文[3]

[1]國立中興大學生物產業機電工程學系 碩士
[2]國立中興大學生物產業機電工程學系 碩士班研究生
[3]國立中興大學生物產業機電工程學系 副教授，通訊作者

摘要

本研究建置一個多功能自動化蔬菜種苗載具，此載具採用跨植床的方式設計，作業載具材料採用鋁擠型 M8 系列為主體，傳動部分採用 1 HP 之渦輪煞車馬達作為載具之動力來源，另外搭配傳動軸、傳動齒輪、十字轉向器組成傳動系統，馬達透過傳動軸與十字轉向器來帶動整個載具之移動，定位系統部分之設計以近接開關、定位氣缸與定位孔組成定位系統，載具移動至定位點時定位氣缸伸出並插進定位孔確保定位之準確性，載具控制程式由 PLC 撰寫，提供手動與自動兩種模式供使用者做不同選擇。

關鍵詞：自動化、蔬菜種苗、載具。

一、前言

隨著精緻農業自動化的發展，農業生產於品質上的要求日益增加，而各項相關新技術亦相繼研發，透過新技術的應用，可提升國內農業的競爭力，提高農業的知識與科技加值。種苗為作物生產之基礎材料，其生產過程從作業室的播種作業到育苗室的栽培管理，需要極大的人力資源來投入，但是隨著科技產業發達，國人投入農業發展的人力逐年下降，且青壯年人力比率更是較傳統降低了不少，使得傳統農作物種苗產業逐漸喪失競爭力，加上國際市場的全面開放，國際競爭壓力也越來越大，近年來市面上又充斥著黑心農產品，嚴重影響消費者的信心及本土作物的競爭力，亟需利用資訊科技與種苗產業的結合來提供其品質需求，以因應國內外市場對高品質種苗之殷切需求。

蔬菜種苗的育苗作業包含從播種、發芽到育苗的各項培育管理措施，育苗工作於蔬菜栽培來說是相當重要的一環。育苗管理作業的目標為培養出根系健康、苗株粗壯且無病蟲害的種苗來確保蔬菜的品質。馮和邱，(1998)提出一個完整的育苗作業體系應包括苗盤清洗整理、苗土準備、稻種浸種、播種、苗盤堆積、搬運、排盤搬運出苗等，規模大的場已具部分自動化程度，小規模的育苗中心有待進一步的研發與改良。吳，(1985)研究指出搬運及物流規劃是育苗場營運中需要重視的課題。在管理方面，段，(1993)曾就育苗中心的營運情形進行調查，其中育苗作業中搬運佔了相當大的人工成本，應研發適當的機械來幫助育苗場進行搬運工作方能降低作業成本。Tompkins and White，(1984)提出設施內之搬運設計規劃，其相關動線規劃與分析亦相當重要。在溫室物流系統規劃方面，陳和洪，(2002）針對育苗場搬運系統之出苗和入苗作業進行分析，調整溫室的排列方式有助於提高搬運系統之利用效率。楊等人，(1997)研發直流減速馬達驅動搬運車，具有遙控裝置，便利在溫室之中操控。並研究使用軌道式搬運車，在溫室中鋪設固定式或臨時軌道，不會遭受到植床等設施之阻礙。且為節省台車行走的空間，採用跨植床的台車搬運型式。Aldrich and Bartok，

（1989)利用輸送帶與纜繩控制手推車，直接在育苗室與作業室間進行搬運育苗盤工作，對於平底苗箱的裝載及卸貨工作十分便利。陳，(1999）研究在較大型之育苗場中，為了解決大量的育苗盤搬運問題，常採用子母車搬運系統來進行搬運工作，可用電腦操作之自動化系統，依設定位置自動抓取育苗箱至預定位置。

廣義之機器人應包含感測系統、決策資源、作動系統三部份，可在現今人力較缺乏之產業中提供極大之幫助，若能將此運用於育苗作業中，可有效的解決人力缺乏之問題。農業機器人應用在作物採收部分的研究有李和王，(1999) 研製柑橘果實機器手臂。Henten, et al.，(2003)研製小黃瓜採收機器人，利用移動式 CCD 進行影像拍攝工作，從判斷到採收約需兩分鐘，成功率為 75%。Ling, et al.， (2004)研究番茄採收機器人，使用之採取爪具為 4 爪型式配合機械手臂進行採取的動作。林，(2009)開發設施內番茄採收機器人系統，包含機械手臂、採摘爪具、機器視覺及機器人載台等四部份。Bak and Jakobsen，(2004)研製田間雜草機器人，其具有可迴轉驅動之四輪行走平台。機電整合方面徐，(2006) 開發設施內精準可變率噴灑控制系統。利用微處理機控制技術結合可程式控制器與變頻器等電控元件。應用制動電磁閥等控制元件，組合成設施內精準可變率噴灑系統。

本研究目的為製造出一個多功能自動化蔬菜種苗載具，此載具除了能夠穩定移動且定位之外，後續可搭載影像判別系統及機械輔助苗盤擺放及收集裝置，機械輔助苗盤擺放及收集裝置可以取代傳統使用人力擺盤和收盤之工作，減少育苗場工作人力不足之窘境，協助種苗生產業者提升種苗品質並減少人工作業程序。

二、材料與方法

蔬菜種苗的育苗作業包含從播種、催芽到育苗、出苗的各項培育管理措施，對於於蔬菜栽培來說是相當重要的一環。以吳平育苗場的實際工作流程，規劃本研究的試驗設備與方法。

考慮到苗場實際狀況，及搭載後續架設之設備（如影像判別、苗盤自動擺取設備），本研究製作之載具將設計成跨植床模式，以方便育苗場內之使用，將載具的尺寸定為長度 1900 mm，寬度 1280 mm，高度為 1000 mm。

載具根據功能不同可分成兩部分，其中一部分稱為取苗部，在此放置馬達帶動整個載具移動，並預留空間以便之後架設取苗機械手臂移動所需之滑軌，取苗部寬度為 640 mm，離地高度為 1000 mm；載具另一部分稱為取像部，預計架設影像擷取設備來拍攝種苗生長情況，為了配合攝影機的拍攝角度，此部分往上加高 700 mm，以便架設攝影機之滑軌，取得攝影機攝影之最佳角度。

載具最大目的便是能夠穩定的行走及定位功能，使用鋁擠型 M8 系列來作為載具的架構，使用鋁擠型的好處在於其擴充性佳，之後若有需要擴充較方便，鋁擠型還有下列幾項好處：質輕、延展佳、導熱快、易加工、回收率高，若經適當熱處理有良好之強度、硬度與耐衝擊。

傳動系統由馬達、傳動軸、十字轉向器及傳動齒輪所組成，載具採用單邊傳動且前輪帶動後輪方式前進,使用單向 220V 電源。考慮其動力及定位精準度，使用渦輪煞車馬達，以提供載具穩定的動力來源，具備煞車功能亦可加強定位的準確性。使用之行進輪為直徑

90 mm 之塑膠輪，行走之軌道為三角形狀之角鐵軌道，載具實際圖如圖 1。

載具移動定位機構設計由定位近接開關、定位氣壓缸、定位孔、定位感應塊與極限開關所組成，如圖 2 所示之定位機構實體圖。在軌道旁設定每 60 cm 一定位點，當近接開關感應到定位孔旁設置之定位感應塊時，定位氣壓缸伸出並插進定位孔確保定位之準確性，氣壓缸上有兩個磁簧開關判斷是否到達上、下極限。載具移動至設定之定位點時控制馬達停止運轉並準確定位，待主機接收到動作完成訊息後，定位氣壓缸離開定位孔並繼續運動。當載具碰觸到終點之極限開關後，表示載具已抵達終點，且準備退回起始點。

載具控制系統為三菱 FX3U-32M PLC， 利用電腦撰寫程式後匯入，另外搭配士林電機簡易型 SS 系列及變頻器，可藉由改變輸出頻率來調整載具之移動速度。載具可藉由控制箱上方之按鈕及人機介面進行操控，操作模式提供手動與自動兩種模式。

在本研究中載具的移動速度是一個育苗場業者關注的參數，量測在不同的變頻器參數（Hz）控制下，載具空車與拉上苗盤推車相對載具的移動速度，供使用者參考。

定位準確度是另一個使用者關心的參數，我們在 3 公尺長度之 Y 軸的直線軌道旁每隔 60 cm 設置一個定位點，定位結果將分成幾項來記錄：準確完成定位、定位氣壓缸未到達定位孔便伸出、定位氣壓缸超過定位孔才伸出、其他（需另外紀錄），步驟與速度測試相同。載具分別有空車、後方拉上之苗盤推車乘載 60 盤苗盤和 120 盤苗盤三種狀況，檢視載具在拉上苗盤推車後是否仍舊有著相同的定位功能。載具空車時變頻器頻率使用 10~60 Hz 而乘載苗盤時僅測試較適合育苗場工作之三個頻率 30~50 Hz 做測試。

三、結果

根據育苗場平日使用之性能及規格要求進行多功能自動化蔬菜種苗載具之規劃設計，載具是採用跨植床的方式，載具採用鋁擠型 M8 系列，傳動部分採用 1 HP 之渦輪煞車馬達作為載具之動力來源，馬達透過傳動軸與十字轉向器來帶動整個載具之移動，定位系統部分，設計以近接開關、定位氣缸與定位孔完成定位作業，至定位點時定位氣缸伸出並插進定位孔確保定位之準確性，載具控制系統則應用 PLC 透過程式撰寫，以控制載具穩定移動與準確定位，本研究目標在於建立個穩定移動且準確定位之移動載具，以利於後續之機械手臂和影像判別設備之裝置。

圖 1 多功能自動化載具實際圖

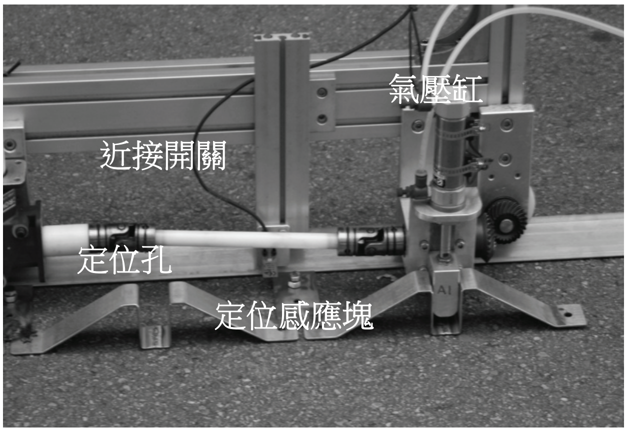

圖 2 定位機構實體圖

根據實驗，當變頻器輸出頻率低於 5 Hz 時，載具行走過程會有些許的搖晃現象發生，所以建議變頻器輸出頻率最低為 10 Hz，根據育苗場業者經驗指出，載具在進行育苗工作時之最佳速度應該介於一分鐘 3~5 公尺之間，也就是變頻器輸出頻率約介於 30~45 Hz 之間時，對育苗工作有著最佳之效果。載具在空車狀況、苗盤推車乘載 60 盤和苗盤推車乘載 120 盤三種情況時，空車及拉上苗盤後不同頻率的平均速度如表 1 及表 2，載具速度與頻率之回歸分析結果為平台移動速度(m/min)=0.0873*變頻器輸出頻率(Hz)+1.2373，其決定係數為 0.9167；在變頻器相同輸出頻率下之速度皆無變化，顯示本研究之載具在後方拉上苗盤推車時並不會影響其行進速度，且可以勝任平日育苗場之育苗工作。

在長 3 公尺的直線軌道旁，每隔 60 cm 設置定位點，載具行走一趟共有四次定位機會，在 10 Hz～60 Hz 六種輸出頻率下各行走五次，每種輸出頻率各有 20 次定位機會，測試載具定位準確度。載具空車定位實驗，經過感應塊設置位置修正，定位精準度達 100%。載具在拉上苗盤推車後整體重量增加，但是和空車狀況相比並不影響其定位狀況，載具在拉上乘載 120 盤苗盤之苗盤推車時，在全部六種狀況下的各 20 次定位皆順利完成定位，由此可知載具在後方拉上苗盤推車時，雖然整體重量增加，但是一樣有良好的定位精準度。

四、討論

本研究完成多功能自動化蔬菜種苗載具，可運用在苗場平日工作，減少工作人力，研究的結論如下：

1. 完成多功能自動化蔬菜種苗載具設計，此載具有極佳之負載能力可完成育苗場平日之工作，根據業者經驗，育苗場最佳工作速度約為3~5 m/min之間，透過變頻器調整，載具速度2.60~7.17 m/min之間，可勝任育苗場平日之工作。
2. 載具具有兩種模式可供業者因應不同需求做選擇，在自動模式下，載具可任意選擇欲停止之定位點，並進行影像擷取與苗盤擺放收集之工作，而在手動模式下，可經由控制箱上之按鈕來控制載具之行動。

表 1 空車不同輸出頻率時載具的速度

變頻器輸出頻率	載具之速度(m/min)	變頻器輸出頻率	載具之速度(m/min)
10 Hz	2.60	40 Hz	4.21
20 Hz	2.98	50 Hz	5.31
30 Hz	3.49	60 Hz	7.17

表 2 拉上苗盤後不同輸出頻率時載具的速度

	載具之速度(m/min)
變頻器輸出頻率為 30 Hz	3.48 m/min
變頻器輸出頻率為 40 Hz	4.23 m/min
變頻器輸出頻率為 50 Hz	5.32 m/min

3. 載具具有良好定位能力，載具之近接開關在感應到各點之感應塊之後驅動定位氣壓缸完成定位，待取相取苗工作完成後接收到完成工作之訊號後解除定位繼續行走，直到碰觸到終點之極限開關後載具停止，並退回工作原點，在實驗中以不同的速度下進行定位皆有90％以上之定位準確度。

參考文獻

1. 李芳繁、王智立。1999。採摘柑橘果實機械手臂之研製。農業機械學刊8(3):1-8。
2. 吳維健。1985。水稻育苗中心營運技術。初版，107-111。南投:台灣省農林廳編印。
3. 段兆麟。1993水稻育苗中心營運與發展之調查分析。八十二年輔導水稻育苗中心營運改善示範計畫研究報告。屏東 : 屏東技術學院。
4. 林家鋒。2009。設施內番茄採收機器人系統之研究。國立宜蘭大學生物產業機電工程研究所。
5. 洪景祥。2003。GPS速度控制器與變量比例閥應用於變率施噴系統之基礎研究。國立台灣大學生物產業機電工程學研究所。
6. 洪景鐘、陳世銘。2002。蔬菜育苗場搬運作業之工程分析與模擬。農業機械學刊 11(4): 105-121。
7. 徐文輝。2006。設施內精準可變率噴灑控制系統之研究。國立中興大學生物產業機電工程學研究所。
8. 陳世銘。1999。種苗自動搬運系統。種苗生產自動化技術專輯第99005號。台北：行政院農委會種苗生產自動化技術服務團。
9. 馮丁樹、邱亦志。1998。台灣地區水稻育苗場搬運作業體系之分析。農業機械學刊(七卷一期)。
10. 楊信和、馮丁樹、陳世銘。1997。蔬菜育苗中心簡易搬運機械之設計與應用。農業機械學刊6(1)：19-31。
11. Aldrich,R.A.& W.J.Bartok 1989.Greenhouse Engineering.2nd ed.,40-60.New York:Cornell University.
12. Bak, T. and Hans. J. 2004. Agricultural robotic platform with four wheel steering for weed detection. Biosystems Engineerind 87(2):125-136.
13. Henten, E. J. Van, B. A. J. Van Tuijl, J. Hemming, J. G. Kornet, J. Bontsema and E.A. Van Os. 2003. Field test of an autonomous Cucumber picking robot.Biosystems Engineering 86(3):305-313.
14. Ling, P.P., R. Ehsani, K.C. Ting, Y.T. Chi, N. Ramalingam, M.H. Klingman, and C. Draper. 2004. Sensing and end-effector for a robtic tomato harvester. ASAE Annual Meeting Paper No.043088.
15. Tompkins, J. A. and J. A. White. 1984. Facilities planning. 1st ed. ,New York : John Wiley & Sons, Inc.

Development of Automatic Carrier with Multi-functions for Vegetable Seedling Production

Syuan-You Hou[1], Shin-Rang Wang[2], Kwang-Wan Shieh[3]

[1] Master, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University.

[2] Graduate students, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University.

[3] Associate Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University, Corresponding Author.

Abstract

This study is to build an automatic carrier with multi-functions for vegetable seedling product, the carrier across the way of the planting bed design, using aluminum M8 Series for carrier materials, the drive part use 1HP turbine brake motor as a carrier power source, the other with a drive shaft, transmission gears, cross steering composed of the transmission system, driven by the motor through the drive shaft with cross steering movement of the entire carrier, positioning the parts of the system design nearly tap positioning cylinder and positioning holes composed of a positioning system cylinder to reach out and inserted into the positioning holes to ensure the accuracy of the positioning of the carrier, the positioning is completed to pass the positioning completion signal to take the seedling and take-phase equipment to begin work until the work is completed and back to communications, back-control system to lift the positioning carrier to continue walking until the carrier to touch the carrier stopped and returned to the origin after touch of the limit switch, the carrier control program written by the PLC, both manual and automatic mode of work the user to make different choices, and execute mechanical grab claw , developed this device for three-axis design, claw refers to the part of the jaw-style design, the use of our four claws stretching under the trays, you can swing trays up, and collected.

Keywords: Automatic, Vegetable seedling, Carrier.